

Закон радиоактивного распада

- 1903 г. Э. Резерфорд и Ф. Содди
- Опытным путем было установлено, что никакие внешние условия не влияют на характер и скорость распада.
- Активность радиоактивных веществ убывает с течением времени. Но у разных веществ по-разному. Для каждого вещества существует определенный интервал времени, на протяжении которого активность убывает в 2 раза – ***период полураспада***

- **Время, за которое распадается половина начального числа радиоактивных атомов, называют периодом полураспада (T)**
- **За это время активность радиоактивного вещества (A) уменьшается вдвое**
($A = N / T$)
- **T - среднее время жизни**

$$T_{\text{ср}} = 1.44T$$

Период полураспада некоторых изотопов

Изотоп	Символ изотопа	Тип распада	Период полураспада
Радий	${}_{88}\text{Ra}^{219}$	альфа	0,001 с
Магний	${}_{12}\text{Mg}^{27}$	бета	10 мин
Радон	${}_{86}\text{Rn}^{222}$	альфа	3,8 сут
Кобальт	${}_{27}\text{Co}^{60}$	бета, гамма	5,3 года
Радий	${}_{88}\text{Ra}^{226}$	альфа, гамма	1620 лет
Уран	${}_{92}\text{U}^{238}$	альфа, гамма	4,5 млрд лет

Период полураспада

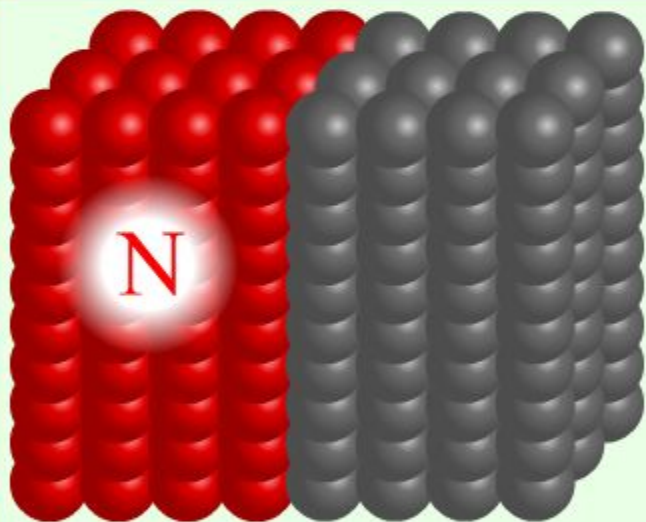
Элемент	Тип распада	Период полураспада
^{14}C	β	<i>5730 лет</i>
^{24}Ne	β, γ	<i>3,38 мин</i>
^{24}Na	β, γ	<i>15 часов</i>
^{32}Si	β	<i>650 лет</i>
^{131}I	β, γ	<i>8 суток</i>
^{210}Pb	α, β, γ	<i>22,3 года</i>
^{226}Ra	α, γ	<i>1600 лет</i>
^{235}U	α, γ	<i>7 млн. лет</i>
^{238}U	α, γ	<i>4,5 млрд. лет</i>

Радиоактивный распад подчиняется статистическому закону.

- Радиоактивные ядра «не стареют».
- Распад любого атомного ядра не «смерть от старости», а «несчастный случай» в его жизни.
- Понятия возраста не существует. Только среднее время жизни – среднее арифметическое времени жизни достаточно большого количества атомов данного вида.
- Предсказать, когда произойдет распад ядра данного атома невозможно.



$$N = \frac{N_0}{2^{\frac{t}{T}}}$$



N - количество нераспавшихся ядер вещества

N_0 - начальное количество нераспавшихся ядер вещества

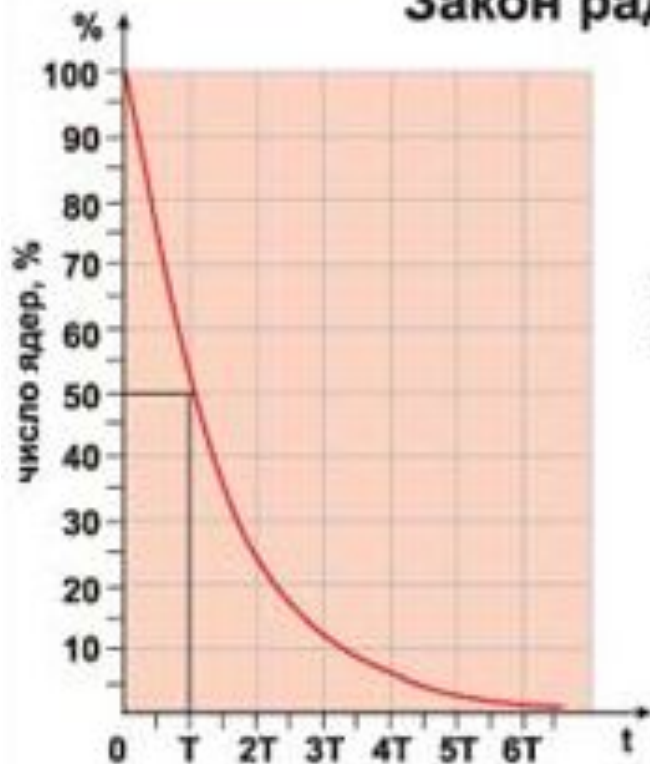
t - время, в течении которого наблюдают радиоактивный распад [с]

T - период полураспада вещества [с]



Закон радиоактивного распада

Закон радиоактивного распада



$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$$

N_0 и N - количества радиоактивных ядер в моменты времени 0 и t , T - период полураспада.

Активность

$$A = \lambda \cdot N, \quad \lambda = \frac{\ln 2}{T},$$

где A - скорость распада, λ - постоянная распада.

Единица активности - 1 беккерель = 1 распад/с

Закон радиоактивного распада

$$N = \frac{N_0}{2^{\frac{t}{T}}} \text{ или } m = \frac{m_0}{2^{\frac{t}{T}}},$$

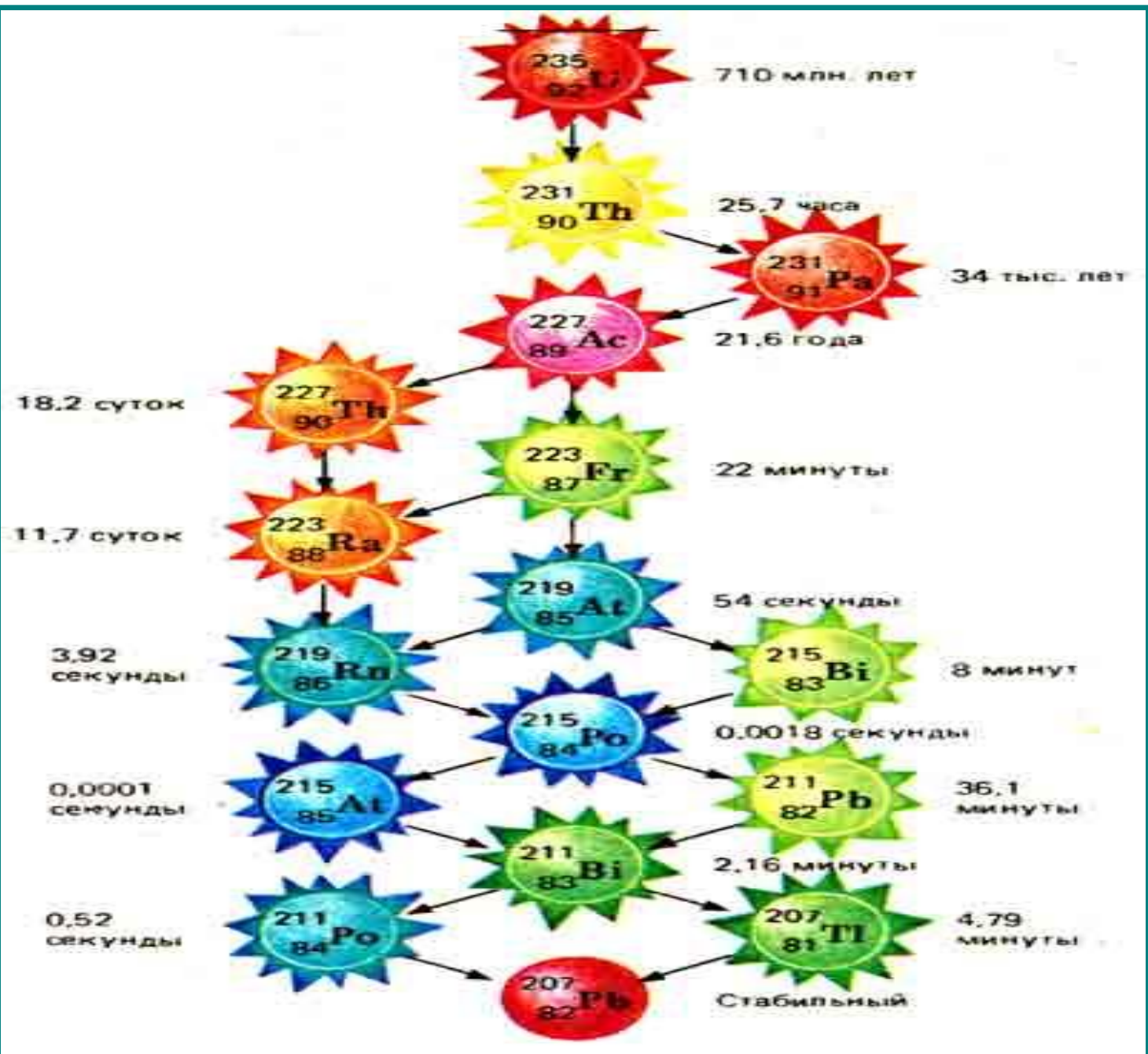
где $N(t)$ — число (масса) *не распавшихся* ядер в момент времени t ,
 $N_0(m_0)$ — начальное число (первоначальная масса) *не распавшихся*
ядер; T — период полураспада.

Подсказки к задачам

Количество радиоактивных ядер уменьшилось в n раз	$N = \frac{N_0}{n}$
Масса радиоактивного вещества уменьшилась в n раз	$m = \frac{m_0}{n}$
Число распавшихся ядер	$N_0 - N$
Произошёл распад $5/8$ исходных ядер	Осталось $N = \frac{3N_0}{8}$
Доля не распавшихся ядер (в процентах)	$\frac{N}{N_0} \cdot 100\%$
Доля распавшихся ядер (часть распавшихся ядер)	$\frac{N_0 - N}{N_0}$

Важнейшие радиогенные

Материнский изотоп	Тип распада	Период полураспада, (млрд. лет)	Дочерний изотоп	Характеристическое отношение
^{40}K	β	1.28	$^{40}\text{Ar}, ^{40}\text{Ca}$	$^{40}\text{Ar} / ^{36}\text{Ar}$
^{87}Rb	β	48.8	^{87}Sr	$^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$
^{138}La	β	259	^{138}Ce	$^{138}\text{Ce} / ^{132}\text{Ce}$
^{147}Sm	α	106	^{143}Nd	$^{143}\text{Nd} / ^{144}\text{Nd}$
^{176}Lu	β	36	^{176}Hf	$^{176}\text{Hf} / ^{177}\text{Hf}$
^{187}Re	β	42.3	^{187}Os	$^{187}\text{Os} / ^{188}\text{Os}$
^{232}Th	α	14	$^{208}\text{Pb}, ^4\text{He}$	$^{208}\text{Pb} / ^{204}\text{Pb}$
^{235}U	α	0.707	$^{207}\text{Pb}, ^4\text{He}$	$^{207}\text{Pb} / ^{204}\text{Pb}$
^{238}U	α	4.47	$^{206}\text{Pb}, ^4\text{He}$	$^{206}\text{Pb} / ^{204}\text{Pb}$



Период полураспада - одна из важнейших характеристик радионуклида

Сельское хозяйство



Углерод-11
20 мин.

Медицинская диагностика



Натрий-24
15 час.

Медицинская терапия



Йод-131
8,4 сут.

Промышленность



Криптон-85
10,8 года

Радиоуглеродный анализ



Углерод-14
5730 лет

Ядерная энергетика



Уран-235
700 млн.
лет

1. В результате радиоактивного распада изотоп урана ${}_{92}^{238}\text{U}$ превращается в изотоп тория ${}_{90}^{234}\text{Th}$. При этом испускается ядро

- 1) *изотопа водорода* ${}_{1}^{1}\text{H}$
- 2) *изотопа водорода* ${}_{1}^{2}\text{H}$
- 3) *изотопа гелия* ${}_{2}^{3}\text{He}$
- 4) *изотопа гелия* ${}_{2}^{4}\text{He}$

2. Период полураспада ядер атомов некоторого вещества составляет 17 с. Это означает, что

- 1) за 17 с атомный номер каждого атома уменьшится вдвое
- 2) один атом распадается каждые 17 с
- 3) половина изначально имевшихся атомов распадется за 17 с
- 4) все изначально имевшиеся атомы распадутся через 34 с

3. В планетарной модели атома принимается, что число

- 1) электронов на орбитах равно числу протонов в ядре
- 2) протонов равно числу нейтронов в ядре
- 3) электронов на орбитах равно сумме чисел протонов и нейтронов в ядре
- 4) нейтронов в ядре равно сумме чисел электронов на орбитах и протонов в ядре

4. Радиоактивный изотоп имеет период полураспада 2 мин. Сколько ядер из 1000 ядер этого изотопа испытает радиоактивный распад за 2 мин?

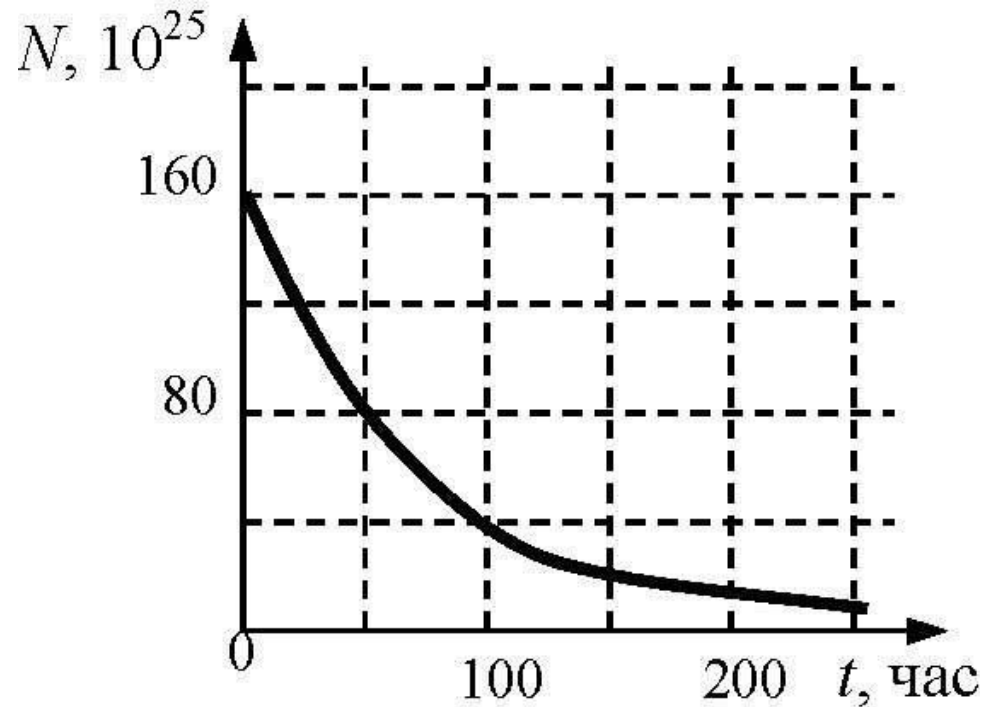
- 1) точно 500 ядер
- 2) 500 или немного меньше ядер
- 3) 500 или немного больше ядер
- 4) около 500 ядер, может быть, немного больше или немного меньше

5. Период полураспада некоторого радиоактивного изотопа равен 1 месяцу. За какое время число ядер этого изотопа уменьшится в 32 раза?

- 1) 3 месяца
- 2) 4 месяца
- 3) 5 месяцев
- 4) 6 месяцев

ЕГЭ Дан график зависимости числа нераспавшихся ядер ${}_{68}^{172}\text{Er}$ ия от времени. Каков период полураспада этого изотопа?

1. 25 часов
2. 50 часов
3. 100 часов
4. 200 часов

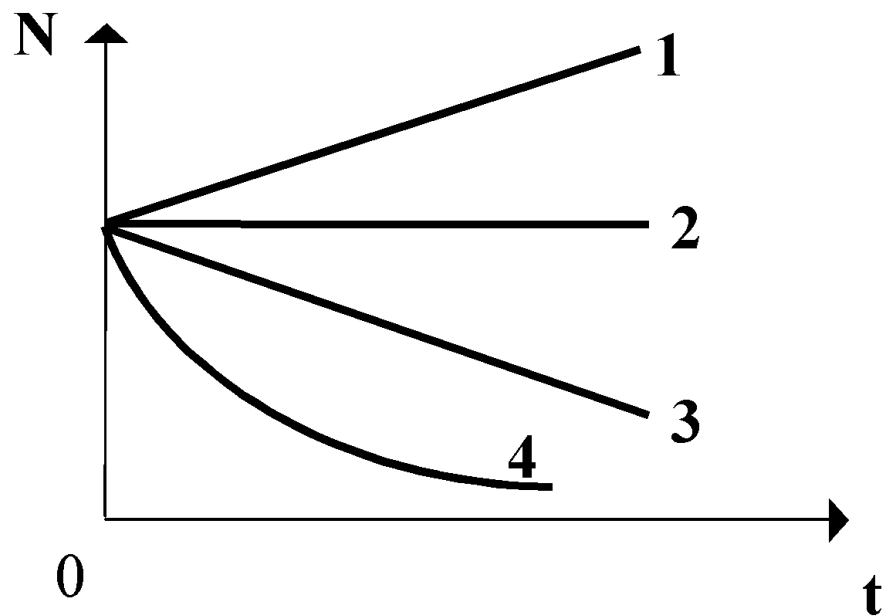


ЕГЭ А20. Какая доля от большого количества радиоактивных атомов остается нераспавшейся через интервал времени, равный двум периодам полураспада?

1. 25%
2. 50%
3. 75%
4. 0%

(ЕГЭ) Какой из графиков зависимости числа нераспавшихся ядер (N) от времени правильно отражает закон радиоактивного распада (см. рисунок)?

- 1. 1
- 2. 2
- 3. 3
- 4. 4



(ЕГЭ) Из 20 одинаковых радиоактивных ядер за 1 мин испытало радиоактивный распад 10 ядер. За следующую минуту испытают распад

1. 10 ядер
2. 5 ядер
3. от 0 до 5 ядер
4. от 0 до 10 ядер

(ЕГЭ) Период полураспада ядер атомов радия
сост $^{226}_{88}\text{Ra}$ т 1620 лет.

Это означает, что в образце, содержащем
большое число атомов радия,

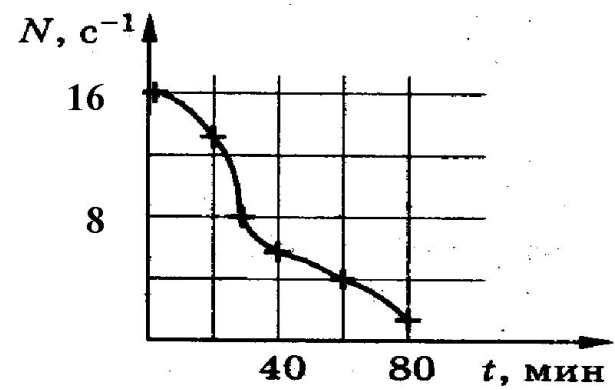
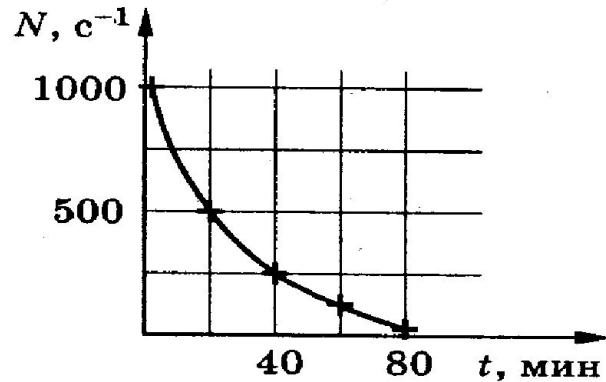
1. за 1620 лет атомный номер каждого атома радия уменьшится вдвое
2. одно ядро радия распадается каждые 1620 лет
3. половина изначально имевшихся ядер радия распадается за 1620 лет
4. все изначально имевшиеся ядра радия распадутся через 3240 лет

(Е13) При исследовании превращения радиоактивного вещества в двух опытах с разной массой вещества было установлено, что число N частиц, образующихся в единицу времени при радиоактивном распаде, убывает во времени в соответствии с графиками (см. рис.). Для объяснения различий экспериментальных кривых в этих опытах были сформулировано две гипотезы:

- А. грубые погрешности во втором эксперименте,**
- Б. вероятностный характер закона радиоактивного распада.**

Какая из гипотез верна?

- 1. только А
- 2. только Б
- 3. и А, и Б
- 4. ни А, ни Б



Задание 20 № 9320

Период T полураспада изотопа калия ${}_{19}^{38}\text{K}$ равен 7,6 мин. Изначально в образце содержалось 2,4 мг этого изотопа. Сколько этого изотопа останется в образце через 22,8 мин? (Ответ дайте в мг.)

Решение.

В соответствии с законом радиоактивного распада получаем

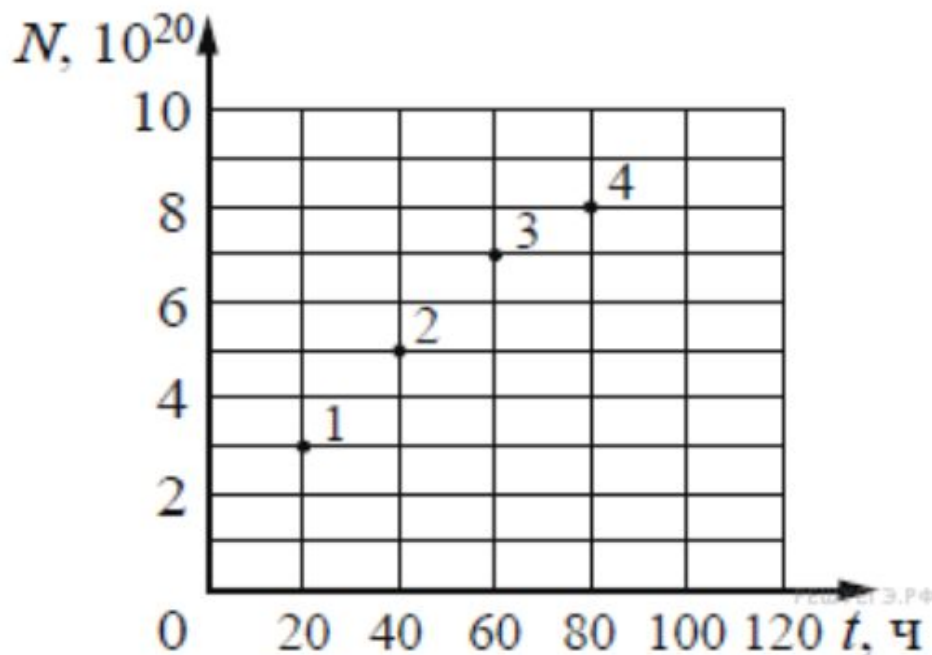
$$m = m_0 \cdot 2^{-t/T} = 2,4 \cdot 2^{-22,8/7,6} = 0,3 \text{ мг.}$$

Ответ: 0,3

Источник: Демонстрационная версия ЕГЭ—2018 по физике.

Задание 20 № 10478

Из ядер платины ${}_{78}^{197}\text{Pt}$ при β^- -распаде с периодом полураспада 20 часов образуются стабильные ядра золота. В момент начала наблюдения в образце содержится $8 \cdot 10^{20}$ ядер платины. Через какую из точек, кроме начала координат, пройдёт график зависимости числа ядер золота от времени (см. рисунок)?

**Решение.**

Согласно закону радиоактивного распада число образующихся ядер золота будет меняться со временем по закону

$$N(t) = 8 \cdot 10^{20} - 8 \cdot 10^{20} \cdot 2^{-t/T} = 8 \cdot 10^{20} \cdot (1 - 2^{-t/T}).$$

График пройдёт через точки: (20, 4), (40, 6), (60, 7) — точка 3, (80, 7,5).

Ответ: 3

Источник: Демонстрационная версия ЕГЭ—2019 по физике.

1. В начальный момент времени было 1000 атомных ядер изотопа с периодом полураспада 5 мин. Сколько ядер этого изотопа останется не распавшимися через 10 мин?
2. Количество радиоактивных атомов за 32 дня уменьшилось в 4 раза. Определите период полураспада этого химического элемента.
3. Период полураспада нептуния 2,3 сут. Через какое время количество радиоактивных атомов уменьшится в 16 раз?
4. Период полураспада стронция 29 лет. Через сколько лет произойдет распад $\frac{7}{8}$ от первоначального числа радиоактивных ядер?
5. Период полураспада радона 3,8 дня. Через какое время масса радона уменьшится в 64 раза?
6. Период полураспада радия 1600 лет. Через какое время масса радиоактивного радия уменьшится в 4 раза?
7. Период полураспада изотопа ртути 20 мин. Если изначально масса этого изотопа равна 40 г, то сколько примерно его будет через 1 ч?

8. Какая часть исходных радиоактивных ядер распадается за время, равное двум периодам полураспада?
9. Какая доля (в процентах) радиоактивных атомов остаётся не распавшейся через интервал времени, равный двум периодам полураспада?

Задание: решите задачи

1. Активность радиоактивного элемента уменьшилась в 4 раза за 8 суток. Найти период полураспада.
2. Имеются $25 \cdot 10^6$ атомов радия. Со сколькими из них произойдет радиоактивный распад за одни сутки, если период полураспада радия 1620 лет?
3. Период полураспада изотопа йода $^{131}\text{I}_{53}$ составляет 8 суток. Чему равно среднее время его жизни?
4. Какая доля радиоактивного цезия $^{137}\text{Cs}_{55}$, период полураспада которого 30 лет, распадается за 1 год? Определите постоянную распада.
5. Каков период T полураспада изотопа, если за сутки распадается в среднем 900 атомов из 1000?
6. Период полураспада радиоактивного йода-131 равен восьми суткам. За какое время t количество атомов йода-131 уменьшится в 1000 раз?

Конспект по вопросам:

1. Что называют радиоактивным распадом?
2. Что называют периодом полураспада? Что характеризует эта величина?
3. Запишите и поясните формулу закона радиоактивного распада.
4. Как выглядит зависимость активности радиоактивного элемента от времени?